

шись инструментом Surface parameters (параметры на поверхности), нужно ввести дополнительную деталь для создания опорной поверхности. В данной работе на выходе из рабочего колеса помещается кольцо, которое в расчете не участвует, а нужно только для измерения давления. Поэтому данную деталь следует предварительно исключить из расчета через окно управления компонентами (Component control).

Чтобы величина КПД автоматически вычислялась в ходе расчета проекта, формула задается в целях проекта как Equation goal. Величины, входящие в нее, также задаются как цели проекта.

В ходе выполнения работы студенты знакомятся не только с методами компьютерного моделирования течения во вращающейся системе координат, но также изучают возможности применения этих методов к конкретной задаче. Визуализация течения в проточной части насоса помогает будущим специалистам-теплоэнергетикам лучше понять цели и задачи проектирования подобного оборудования и принципы его работы.

Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике. – СПб.: БВХ-Петербург, 2008. – 1028 с.

Климова В.А.

Klimova V.A.

АНАЛИЗ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА В ПАКЕТЕ
COSMOSFLOWWORKS

THE RECUPERATIVE HEAT EXCHANGER THERMOHYDRAULIC
FEATURE ANALYSIS WITH COSMOSFLOWWORKS APPLICATION
PACKAGE

capri@mail.ustu.ru

*ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет –
УПИ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
г. Екатеринбург*

Указаны цели и задачи постановки лабораторных работ с использованием САПР для студентов-теплоэнергетиков. Рассмотрены возможности использования САПР для анализа эффективности кожухотрубного теплообменника. Приведен пример постановки задачи.

The aims and goals of the CAD-using laboratory works for heat engineering students are indicated. The regarded are possibilities of the shell-and-tube heat exchanger efficiency analysis using CAD systems. The problem definition example is given.

В современной инженерной практике для проектирования теплообменного оборудования широко применяются компьютерные средства, а именно различные системы автоматизированного проектирования. Возможности современных САПР довольно широки – они позволяют создавать не только

геометрическую модель будущих деталей и сборок, но и рассчитывать тепло-гидравлические характеристики модели. Существуют различные прикладные пакеты САПР, применяемые для конкретных целей – проектирование трубопроводов, топочных устройств, светотехнических изделий, типовых элементов машин и механизмов.

Чтобы ознакомить студентов-теплоэнергетиков с возможностями применения компьютера в их профессиональной деятельности, на кафедре «Прикладная информатика» создается курс лабораторных работ, в ходе которых студенты рассмотрят с основные возможности и методы компьютерного моделирования теплообменного оборудования на примере задач, часто встречающихся в инженерной практике. Практический курс включает в себя работу в пакетах автоматизированного проектирования SolidWorks и CosmosFloWorks. Эти пакеты выбраны потому, что они имеют стандартный интерфейс, процесс создания модели и задания расчетных характеристик нагляден, а возможности расчета довольно широки и охватывают многие области теплоэнергетики.

При планировании лабораторных работ было поставлено две цели: во-первых, рассмотреть основные возможности программы, во-вторых, применить их для решения конкретной задачи. В каждой лабораторной работе учитывается один из физических параметров, предлагаемых для расчета программой CosmosFloWorks: теплопроводность в твердых телах, теплообмен излучением, вращение, нестационарность во времени, влияние гравитации. Задачи, предлагаемые для решения в этих работах, по мнению автора, наиболее полно раскрывают влияние указанных физических параметров на теплообмен и гидродинамику.

Одна из работ – анализ процесса передачи тепла через цилиндрическую стенку в рекуперативном теплообменнике. В этой работе рассматриваются следующие аспекты расчета:

- теплообмен через твердую стенку, задание материала стенки;
- расчет по двум несмешивающимся жидким средам;
- работа с инженерной базой данных, добавление жидкости;
- начальных условий для каждой из двух жидкостей;
- условия по материалу;
- уточнение расчетной области для сокращения времени вычислений.

В работе анализируется кожухотрубный теплообменник, в котором в качестве теплоносителя выступает жидкий натрий, а рабочее тело – вода под давлением. Основные параметры теплообменника задаются с учетом возможностей пакета CosmosFloWorks и аппаратного обеспечения компьютерного класса.

Работа проводится в три этапа:

1. Построение геометрической модели;
2. Создание проекта CosmosFloWorks;
3. Вывод и интерпретация результатов.

Первый этап включает в себя построение деталей модели и создание сборки. Исходные данные – геометрические размеры. На рис. 1 представлен результат выполнения первого этапа – теплообменник в сборке.

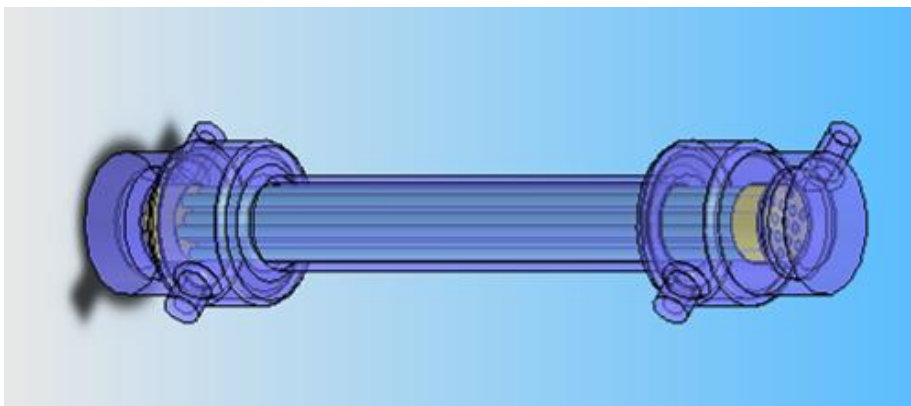


Рис. 1. Результат выполнения первого этапа работы

Модель состоит из трех деталей – трубок, трубной доски и корпуса. На корпусе имеются входные и выходные патрубки теплоносителя и рабочего тела, закрытые крышками, на которых можно будет задать граничные условия. В ходе создания деталей используются следующие элементы: вытянутая бобышка, вытянутый вырез, повернутая бобышка, повернутый вырез, массив, управляемый эскизом, зеркало, скругление. Также используется цветовое оформление модели, изучаются основные способы объединения деталей в сборку.

Второй этап работы – создание проекта CosmosFloWorks – подразумевает выполнение следующих действий:

1. Задание основных параметров проекта;
2. Задание начальных условий;
3. Задание граничных условий;
4. Задание условий по материалу;
5. Настройка расчетной области;
6. Задание целей проекта.

Одной из физических особенностей данного проекта является наличие теплообмена через стенку. Опция Heat conduction in solids выбирается на вкладке Analysis type окна General settings. Теплопередача в жидкости и между жидкостью и стенкой всегда рассчитывается автоматически.

Следующее действие – выбор жидкостей для расчета и материалов стенки. Поскольку во встроенной базе данных нет жидкого натрия, нужно предварительно внести его теплофизические характеристики в инженерную базу данных программы (Engineering Database). В данной работе характеристики вносим в виде таблицы зависимости параметра от температуры, используя справочную литературу, например, [1].

Начальные условия используются при расчете в качестве нулевой итерации, а также по умолчанию для граничных условий входа. Чем ближе начальные условия к конечным параметрам расчета, тем меньше итераций нужно для сходимости и тем быстрее будет произведен расчет. Поэтому в

данном примере задаются начальные условия для каждой жидкости – на вкладке Initial conditions окна General settings для рабочего тела и через вставку начального условия на входном отверстии теплоносителя. Так как в проекте две жидкости, в таблице начальных условий появляется группа Concentrations (концентрация), где нужно указать концентрацию жидкостей. Так как в задаче жидкости не смешиваются, их концентрации равны 1 или 0.

Граничные условия задаются в виде входного массового расхода каждой жидкости и статического давления на выходе.

Для сокращения времени расчета желательно произвести ручную настройку расчетной области (Computational domain). Теплообменник имеет плоскость симметрии, которой можно ограничить расчетную область. Условие на этой границе – симметрия.

Еще один аспект расчета – задание материала твердого тела. В проекте используется материал, заданный по умолчанию, однако если какая-то деталь выполнена из другого материала, то нужно добавить этот материал через опцию Insert -> Solid material. Далее указываем деталь и выбираем материал в инженерной базе данных. В данной задаче для трубок теплообменника задается материал медь, а для всех остальных деталей – нержавеющая сталь (по умолчанию).

Целью расчета в данной работе является эффективность передачи тепла от горячей жидкости к более холодной. Ее можно определить как отношение рассчитанной теплопередачи к максимально возможной. Теплопередача будет максимально возможной, если изменение температуры одной из жидкостей будет равно максимальному перепаду температур в задаче, то есть разнице температур входа горячего и холодного потоков. Следовательно, эффективность теплопередачи определяется по формуле

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{г}}^{\text{вход}} - T_{\text{г}}^{\text{выход}}}{T_{\text{г}}^{\text{вход}} - T_{\text{х}}^{\text{вход}}} \quad \text{или} \quad \varepsilon = \frac{T_{\text{х}}^{\text{выход}} - T_{\text{х}}^{\text{вход}}}{T_{\text{г}}^{\text{вход}} - T_{\text{х}}^{\text{вход}}}.$$

В первом случае $C=G \cdot c_p$ (G – массовый расход, c_p – теплоемкость) для горячей жидкости меньше, чем для холодной. Во втором случае – наоборот.

Для вычисления эффективности теплопередачи в проекте задается ряд целей (Project Goals) – цели на поверхности для определения температур и цель-уравнение для вычисления по формуле. Те температуры, которые задавались в качестве граничных условий, вычислять не надо, можно взять их из соответствующих исходных данных.

Следующий, и последний, этап работы – вывод и интерпретация результатов. Здесь рекомендуется рассмотреть Cut plots – поля температур, скоростей и давлений, а также построить траектории потока и проанализировать результат расчета целей.

П.Л. Кириллов, Ю.С. Юрьев, В.П. Бобков. Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы). М.: Энергоатомиздат, 1984. – 296 с.